

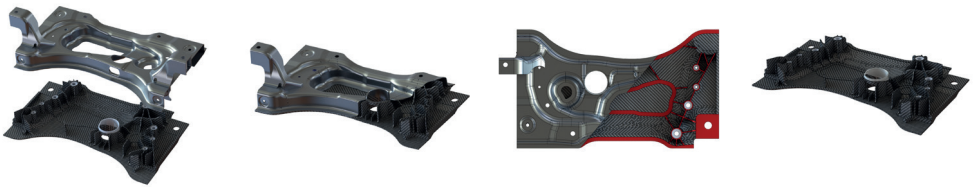
# Schriftenreihe

## Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen

### Konzeptionierung und Auslegung eines Vorderachsträgers in hybrider Leichtbauweise im C-Segment

Simon Pöhler

**Band  
2021/49**



**Konzeptionierung und Auslegung eines Vorderachsträgers in hybrider Leichtbauweise im C-Segment**

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)

der Fakultät für Maschinenbau  
der Universität Paderborn

vorgelegte

DISSERTATION

von

Dipl.-Wirt.-Ing. Simon Pöhler

aus Paderborn



Schriftenreihe Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen

Band 49/2021

**Simon Pöhler**

**Konzeptionierung und Auslegung eines Vorderachs-  
trägers in hybrider Leichtbauweise im C-Segment**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag  
Düren 2021

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2021

Copyright Shaker Verlag 2021

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8210-4

ISSN 2196-2200

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Liste der Vorveröffentlichungen**

In Ergänzung zu meinem Antrag auf Zulassung zur Promotion in der Fakultät für Maschinenbau der Universität Paderborn erkläre ich die folgenden Veröffentlichungen:

- Patent: EP17716775 | KUNSTSTOFFKOMPONENTE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES METALLKUNSTSTOFFBAUTEILS  
| Veröffentlichungsnummer: WO2017157380
- Patent: EP15182379 | ACHSTRÄGER FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ACHSTRÄGERS  
| Veröffentlichungsnummer: EP2990308



## Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein neuartiger Achsträger in hybrider Bauweise entwickelt und untersucht. Dieser besteht aus einer metallischen Oberschalenstruktur und einer mit Rippen ausgeformten glasfaserverstärkten thermoplastischen Unterschale (GMT), welche zur Einstellung der optimalen Steifigkeit dient. Die Rippen und Unterschale werden hierzu in einem Fließpressverfahren entweder gemeinsam als ein Bauteil oder als separate Einzelteile hergestellt. Durch den lokalen Einsatz von Faserverbundwerkstoffen in der Unterschale und der Rippenstruktur wird ein signifikanter Gewichtsvorteil gegenüber einer Referenzstruktur aus Stahl erzielt. Durch die Verwendung des GMT-Unterbodenschutzes konnten zudem die akustischen Eigenschaften des Fahrwerks hinsichtlich der Dämpfung positiv beeinflusst werden.

Die hohen Anforderungen bzgl. Steifigkeit, Festigkeit und Beständigkeit der sicherheitsrelevanten Fahrwerkskomponente konnten unter Einhaltung des Bauraums erfüllt werden. Gleichzeitig konnte das Gesamtgewicht der Komponente im Vergleich zur klassischen Referenzstruktur um 30 % reduziert werden.

## Summary

Within the scope of this work an innovative hybrid subframe has been developed and studied. The subframe consists of a metallic upper shell structure and a ribbed glass-fiber reinforced thermoplastic lower shell (GMT), which serves to adjust the optimum stiffness. For this purpose, the ribs and lower shell are produced either together in a compression molding process as one component or as separate individual parts. The local use of fiber composites in the lower shell and the rib structure creates a weight advantage compared to a reference structure made of steel. Due to the use of a GMT underbody protection, a positive effect on the chassis's acoustic properties with regard to damping was achieved.

The high requirements in terms of rigidity, strength and durability of the safety-relevant chassis component could be met while adhering to the installation space. At the same time, the total weight of the component was reduced by 30% compared to the classic reference structure.





<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung, Motivation und Zielsetzung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik .....</b>	<b>6</b>
2.1 Anforderungen an Vorderachsträger im Fahrwerk.....	6
2.2 Strukturoptimierung .....	11
2.2.1 Klassifizierung der Strukturoptimierungsverfahren .....	12
2.2.2 Topologieoptimierung .....	13
2.3 Verwendete Werkstoffe .....	15
2.3.1 Aluminium als Leichtbauwerkstoff .....	15
2.3.2 Eigenschaften und Aufbau von glasfasermattenverstärkten Thermoplasten (GMT) .....	17
2.4 Klebtechnische Grundlagen.....	30
2.4.1 Haftmechanismen der Klebung .....	31
2.4.2 Kleben von Aluminium und GMT .....	34
<b>3 Entwicklung, Charakterisierung und Parametrisierung einer Fügetechnologie und eingesetzter Werkstoffe zur Herstellung hybrider Leichtbauweisen .....</b>	<b>38</b>
3.1 GMT unter klimatischem Einfluss .....	38
3.1.1 GMT S153A248-M1.....	40
3.1.2 GMTex X103F61-4/1-0/90° .....	42
3.2 Untersuchung des Schmelzfügens .....	45
3.3 Untersuchung von Haftvermittlersystemen .....	50
3.3.1 Quasistatische Scherzugprüfungen.....	58
3.3.2 Zyklische Prüfung von Scherzugproben .....	65
3.3.3 Quasistatische Zugprüfung.....	67
3.3.4 Zyklische Prüfung der Dauerfestigkeit von Stumpfklebung .....	68
<b>4 Konzeptionierung des hybriden Vorderachsträgers mittels topologischem Ansatz.....</b>	<b>71</b>
4.1 Detaillierung der Herangehensweise und topologische Umsetzung.....	71
4.2 Konstruktive Auslegung des topologischen Designvorschlags mit qualitativem Simulationsabgleich.....	78
<b>5 Untersuchungen zur Herstellung fließgepresster Rippenstrukturen ....</b>	<b>86</b>
5.1 Fertigungsgerechtes Gestalten fließgepresster Rippenstrukturen.....	86
5.2 Experimentelle Bestimmung des Fasergewichtsanteils.....	89

<b>6</b>	<b>Ableitung eines Fertigungskonzepts, Realisierung und Funktionstest einer hybriden Achsträgertechnologie .....</b>	<b>91</b>
6.1	Realisierungskonzept zur Herstellung einer hybriden Achsträgertechnologie .....	91
6.2	Funktionsvalidierung der hybriden Achsstruktur mittels Ersatzlastfall ..	99
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>106</b>
<b>8</b>	<b>Verweise .....</b>	<b>109</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

BMC	Bulk Molding Compound
CAD	Computer Aided Design
CFK	Kohlefaserverstärkter Kunststoff
FEM	Finite Elemente Methode
FVK	Faserverstärkter Kunststoff
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GMT	Glasfasermattenverstärkter Thermoplast
IFiH	Hybride Fahrwerkskomponente in Hybridbauweise
KTL	Kathodische Tauchlackierung
LFT	Langfaserverstärkter Thermoplast
MQB	Modularer Querbaukasten
PA	Polyamid
PAH	Pulverhaftvermittler auf Polyamid-Basis
PP	Polypropylen
PPH	Polypropylen basierender Folienhaftvermittler
RT	Raumtemperatur
SMC	Sheet Metal Compound